

# **ESTIMASI LIMPASAN PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE BILANGAN KURVA BERDASARKAN SKENARIO IKLIM SRES IPCC DI SUB DAS WURYANTORO**

**Sugeng Riyadi Wijanarko**  
sugengriyadiw@gmail.com

**Sudibyakto**  
sudib@ugm.ac.id

## **ABSTRACT**

*This research is based on the tendency of global climate change in an increase of temperature caused by greenhouse gases. The study was conducted in Wuryantoro watershed as one inlet Gajah Mungkur reservoir. The purpose of this study was to determine the changes in precipitation and surface runoff changes based climate scenarios A2 and B2 IPCC SRES. Modelling rainfall based climate scenarios SRES performed using Statistical Automated Downscaling (ASD) with the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and the General Circulation Model (GCM) HadCM3 as the independent variable and rainfall data recording as dependent variable. Surface runoff is calculated using the curve number method (SCS-CN). Modeling results showed a decrease in rainfall in the early period (2011-2020), and an increase in the middle period (2021-2030) fell in the final period (2031-2040). In general, the A2 scenario valued higher than B2. Surface runoff during the period of rainfall models showing an increase of 57.24% in the A2 scenario and 30.34% in scenario B2.*

*Keywords: Climate Scenarios of SRES, Automated Statistical Downscaling (ASD), Curve Number (SCS-CN)*

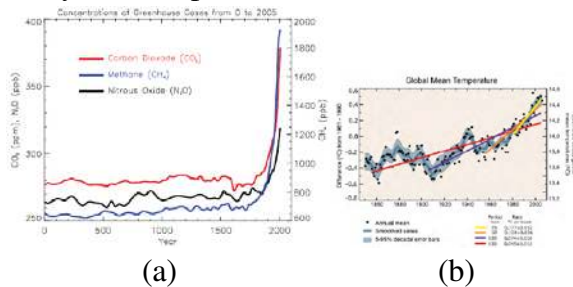
## **ABSTRAK**

*Penelitian didasari atas adanya kecenderungan perubahan iklim secara global di mana terjadi peningkatan temperatur yang disebabkan gas rumah kaca. Penelitian dilakukan di Sub DAS Wuryantoro sebagai salah satu inlet Waduk Gajah Mungkur Wonogiri. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan curah hujan dan perubahan limpasan permukaan berdasarkan skenario iklim SRES IPCC A2 dan B2. Pemodelan curah hujan berdasarkan skenario iklim SRES dilakukan menggunakan Automated Statistical Downscaling (ASD) dengan National Centers for Environmental Prediction (NCEP) dan General Circulation Model (GCM) HadCM3 berlaku sebagai variabel bebas dan data curah hujan pencatatan sebagai variabel bergantung. Limpasan permukaan dihitung menggunakan metode bilangan kurva (SCS-CN). Hasil pemodelan curah hujan memperlihatkan penurunan pada periode awal (2011-2020), lalu terjadi peningkatan pada periode tengah (2021-2030) turun di periode akhir (2031-2040). Secara umum skenario A2 bernilai lebih tinggi dibandingkan B2. Limpasan permukaan pada periode curah hujan model memperlihatkan peningkatan sebesar 57,24% pada skenario A2 dan 30,34% pada skenario B2.*

*Kata kunci: Skenario Iklim SRES, Automated Statistical Downscaling (ASD), Bilangan Kurva (SCS-CN)*

## PENDAHULUAN

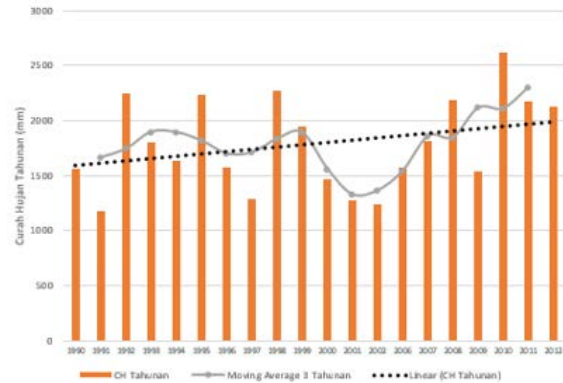
Penambahan jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya aktivitas di permukaan bumi. Seiring dengan berjalannya waktu hal ini dapat menimbulkan dampak pada perubahan lingkungan. Salah satunya yakni munculnya peningkatan gas rumah kaca yang disebabkan oleh semakin tingginya pembangunan dan industrialisasi. Peningkatan ini mengakibatkan naiknya temperatur bumi dari tahun ke tahun dan menyebabkan perubahan iklim.



Sumber: IPCC,2007

**Gambar 1** (a) Perkembangan konsentrasi gas-gas rumah kaca di dalam atmosfer selama 2000 tahun; (b) Estimasi kenaikan temperatur rata-rata global dari data pengukuran dengan analisis *tren* untuk periode 150, 100, 50, dan 25 tahun terakhir

Sementara itu, melalui pencatatan pada Stasiun Hujan Wuryantoro terjadi fluktuasi yang tidak teratur tiap tahunnya pada curah hujan tahunan. Namun demikian, terindikasi terjadi kecenderungan peningkatan jika dilihat dalam *moving average* 3 tahunan terutama pada 10 tahun terakhir (tahun 2002-2012). Terjadi tren linier yang menunjukkan peningkatan pada data curah hujan tahunan dari tahun 1990 hingga 2012.



**Gambar 2** Grafik Curah Hujan Tahunan Stasiun Hujan Wuryantoro

Sub DAS Wuryantoro sebagai wilayah kajian dalam penelitian ini merupakan salah satu aliran inlet Waduk Gajah Mungkur, Wonogiri. Sub DAS Wuryantoro merupakan bagian dari Sub DAS Hulu Bengawan Solo. Waduk Gajah Mungkur sendiri memiliki peran penting dalam mengendalikan banjir yang sering terjadi di wilayah-wilayah yang dilewati oleh Sungai Bengawan Solo.

Penggunaan lahan di Sub DAS Wuryantoro didominasi tegal dengan karakter kurang menyerap air hujan. Penggunaan lahan seperti ini merupakan perwakilan penggunaan lahan DAS-DAS di Pulau Jawa yang didominasi oleh tegal lahan kering. Rendahnya penyerapan curah hujan memicu terjadinya banjir dengan cepat karena kemampuan tanah meresapkan air di lahan tegal lebih sedikit dari pada penutupan lahan hutan (Pramono dan Tjakrawarsa, 2013). Untuk itu perlu dilakukan kajian terhadap potensi terjadinya banjir di masa yang akan datang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan curah hujan serta perubahan limpasan permukaan berdasarkan skenario iklim SRES IPCC A2 dan B2. Pemodelan dilakukan mulai dari tahun 2011 hingga 2040.

Perubahan iklim menurut UNFCCC (dalam IPCC 2007) didefinisikan sebagai perubahan yang terjadi pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh manusia yang kemudian mengubah komposisi atmosfer yang diamati melalui variabilitas iklim dalam periode waktu tertentu. Aktivitas manusia seperti urbanisasi, deforestasi, dan industrialisasi dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada iklim. Aktivitas manusia terutama di kota menginjeksikan sejumlah polutan berbentuk gas dan aerosol ke dalam atmosfer yang dapat mengganggu keseimbangan radiasi yang kemudian memicu terjadinya perubahan iklim (Tjasyono, 2004). Polutan berbentuk gas yang dapat memicu terjadinya perubahan iklim ini disebut sebagai Gas Rumah Kaca (GRK), antara lain : CO<sub>2</sub>, *methane* (CH<sub>4</sub>), *nitrous oxide* (N<sub>2</sub>O) dan *halocarbons* (kelompok gas yang mengandung *fluorine*, *chlorine*, atau *bromine*).

Skema skenario emisi GRK yang dibuat oleh IPCC (2002) dalam *Special Report on Emission Scenario* (SRES) dibuat menjadi beberapa skenario. Skenario A2 menerangkan keadaan dunia yang heterogen. Populasi dunia terus menerus bertambah dan perkembangan ekonomi pada umumnya berorientasi regional dan pertumbuhan ekonomi per kapita terpecah-pecah dan lebih lambat dari pada keluarga skenario lainnya. Skenario B2 mendeskripsikan dunia yang pertumbuhan penduduk dunia meningkat dengan laju lebih lambat daripada skenario A2, pembangunan ekonomi berada di tingkat menengah, dan perubahan teknologi yang lebih lambat dan lebih beragam. Skenario ini berorientasi pada

perlindungan lingkungan namun fokus pada tingkat lokal dan regional.

## METODE PENELITIAN

Ditinjau dari cara pengambilannya, seluruh data yang digunakan dalam penelitian berupa data sekunder, antara lain:

- 1) Data curah hujan harian Stasiun Hujan Wuryantoro,
- 2) Data Model *HadCM3* tahun 1961-2100 untuk Skenario SRES IPCC A2 dan B2,
- 3) Data *NCEP/NCAR Reanalysis* tahun 1961-2001,
- 4) Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25.000 daerah penelitian
- 5) Peta Tanah Skala Tinjau 1:250.000 daerah penelitian,
- 6) Peta Geologi Skala 1:250.000 daerah penelitian,
- 7) Data tekstur tanah Sub DAS Wuryantoro,
- 8) Data debit aliran outlet Sub DAS Wuryantoro tahun 2009-2011.

*Automated Statistical Downscaling* (ASD) dikembangkan oleh Hessami (2007) dengan melakukan proses *downscaling* data GCM menerapkan metode regresi linier berganda. Langkah dimulai dengan (1) input data ASD ialah data GCM, data *NCEP/NCAR Reanalysis*, dan data curah hujan dengan bentuk *file format \*.dat* . Masing-masing file berisikan data *predictor* maupun *predictand* yang diisikan berurutan secara harian. (2) pengaturan kode predictor dan pengaturan parameter. Tahap ini berfungsi untuk menyamakan nama kode *file predictor* pada GCM maupun *NCEP/ NCAR Reanalysis* agar proses *downscaling* dapat dilaksanakan. Hal ini dilakukan dengan

memilih menu *GCM predictor / NCEP predictor* pada *Setting*. Tahap ini pula digunakan untuk melakukan pengaturan bagaimana proses *downscaling* menggunakan pendekatan statistik regresi. (3) Pemilihan *file directory* dan pengaturan metode statistik regresi. Tahap ini dilakukan dengan mengisi masing-masing permintaan file data dengan tempat asal penyimpanan masing-masing file, baik untuk GCM, NCEP, maupun *predictand*. *Predictand number* diisi berdasarkan kelengkapan dari predictor pada GCM dan NCEP. (4) Menjalankan proses *Calibration and Validation, Current Climate Model Generation*, dan *Future Climate Model Generation*. *Calibration and Validate* digunakan untuk melakukan kalibrasi sekaligus validasi model NCEP menggunakan data curah hujan. Hasil yang dihasilkan berupa simulasi probabilitas kejadian hujan pada periode kalibrasi. (5) Menampilkan Grafik Hubungan antar Variabel. Model ASD dapat menampilkan berbagai grafik untuk keperluan analisis data, antara lain : *Correlation coefficient* untuk menampilkan korelasi variabel NCEP dengan *predictand* (curah hujan), grafik besar koefisien regresi (*regression coefficient*) pada predictor terpilih, grafik perbandingan statistik observasi dengan NCEP ataupun GCM, serta QQ plot. (6) ekstraksi data dan pemilihan probabilitas curah hujan terbaik. Ekstraksi menghasilkan proyeksi lebih dari satu probabilitas curah hujan di hari yang sama. Penelitian ini menggunakan 100 probabilitas curah hujan.

Limpasan permukaan dihitung dengan menggunakan metode bilangan kurva. Penghitungan dilakukan dengan mencari nilai bilangan kurva daerah penelitian,

penghitungan kondisi kelengasan sebelumnya, penghitungan kapasitas cadangan DAS (S). Penentuan kelompok hidrologi tanah daerah penelitian berdasarkan pengharkatan berikut:

Kelompok A : pasir dalam, *loess* dalam, debu yang beragregat

Kelompok B : *loess* dangkal, lempung berpasir

Kelompok C : lempung berliat, lempung berpasir dangkal, tanah berkadar bahan organik rendah, dan tanah-tanah berkadar liat tinggi

Kelompok D : tanah-tanah yang mengembang secara nyata jika basah, liat berat, plastis, dan tanah-tanah *saline* tertentu.

**Tabel 1.** Klasifikasi AMC.

Kelompok AMC tanah	Jumlah curah hujan yang turun 5 hari sebelumnya (mm)
AMC I (kering)	Kurang dari 35
AMC II (sedang)	35 – 53
AMC III (basah)	Lebih dari 53

Sumber: Arsyad (1989)

Nilai bilangan kurva pada AMC II didasarkan pada bilangan kurva hasil penentuan klasifikasi kompleks penutup lahan (lampiran). Penentuan AMC I dan III dapat menggunakan formula sebagai berikut: Bilangan kurva pada AMC I:

$$BK(I) = \frac{4,2 BK(II)}{10 - 0,058 \cdot BK(II)} \dots\dots\dots(1)$$

Bilangan kurva pada AMC III:

$$BK(III) = \frac{2,3 \text{ BK (II)}}{10 + 0,13 \cdot BK(II)} \dots\dots\dots(2)$$

Penghitungan infiltrasi potensial

$$S = \frac{25400}{BK} - 254 \dots\dots\dots(3)$$

Untuk S adalah infiltrasi potensial (mm) dan BK ialah nilai bilangan kurva. Penghitungan tebal aliran langsung

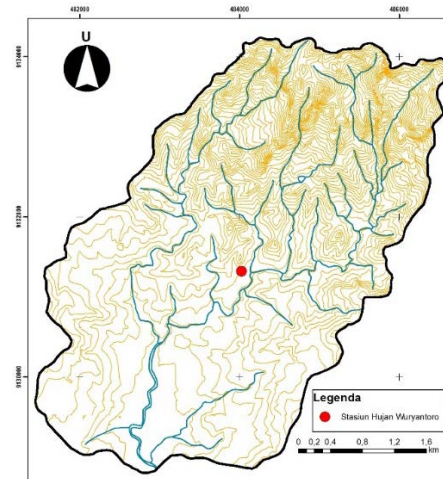
$$Q_v = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk  $Q_v$  adalah tebal aliran langsung (mm) dan P adalah tebal hujan (mm) dan  $P \geq 0,2S$  serta S untuk infiltrasi potensial (mm).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data curah hujan yang digunakan dalam penelitian untuk keperluan pemodelan curah hujan maupun perhitungan volume limpasan di Sub DAS Wuryantoro ialah data pencatatan stasiun hujan Wuryantoro oleh BPTKPDAS Solo. Stasiun hujan tersebut berada di koordinat 49 M 0484025 9131321 dan terletak di dalam lingkup DAS. Letak stasiun secara spasial ditampilkan dalam Gambar 3. Curah hujan yang tercatat di stasiun hujan Wuryantoro diasumsikan terjadi merata di seluruh wilayah DAS. Hal ini mengingat Sub DAS Wuryantoro termasuk dalam klasifikasi DAS dengan luas kecil, yakni sebesar 17,92 km<sup>2</sup>.

Curah hujan harian maksimum yang berlangsung di Sub DAS Wuryantoro ialah sebesar 121 mm yang terjadi pada tahun 1999. Curah hujan tahunan rata-rata di stasiun hujan Wuryantoro ialah sebesar 2129 mm. Curah hujan tahunan tertinggi berlangsung pada tahun 1998 sebesar 3117 mm dan terendah di tahun sebelumnya (1997) sebesar 1121 mm.



**Gambar 3** Lokasi Stasiun Hujan Wuryantoro dalam Sub DAS Wuryantoro

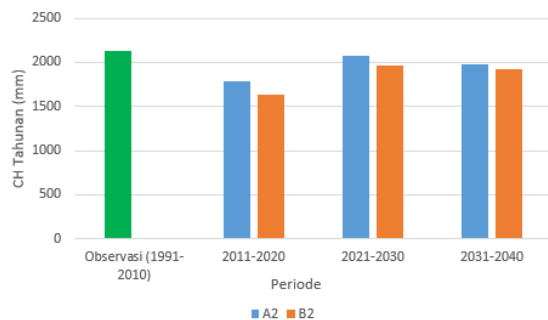
Secara umum terjadi keseragaman pola yang terbentuk antar periode pemodelan pada skenario A2 dan B2 baik besarnya rerata curah hujan tahunan maupun curah hujan harian maksimum, di mana terjadi penurunan pada periode awal pemodelan (2011-2020) terhadap periode observasi, lalu terjadi peningkatan pada periode tengah (2021-2030) kemudian turun di periode akhir (2031-2040). Penurunan periode awal dari periode observasi ialah sebesar 16,06% dalam skenario A2 dan senilai 23,50% pada skenario B2. Peningkatan di periode tengah (2021-2030) pada skenario A2 sebesar 22,93% sedangkan dalam B2 senilai 20,83%. Selanjutnya terjadi penurunan nilai pada rerata curah hujan rentang tahun akhir (2031-2040) sebesar 14,15% pada skenario A2 dan 2,11% pada skenario B2. Jika dilakukan perhitungan perbedaan antara rerata hujan tahunan observasi dengan rerata curah hujan seluruh periode (2011-2040) maka diperoleh terjadinya penurunan nilai sebesar 8,59% (dari 2129 mm menjadi 1946 mm) pada skenario A2 dan penurunan sebesar 14,63%

(dari 2129 mm menjadi 1840 mm) pada skenario B2.

**Tabel 2** Curah Hujan Rerata Tahunan dan Maksimum Skenario A2 dan B2

Periode	CH Rerata Tahunan (mm)		CH Maksimum (mm)	
	A2	B2	A2	B2
Observasi (1991-2010)	2129		121	
2011-2020	1787	1628	118	98
2021-2030	2077	1968	164	149
2031-2040	1974	1926	162	126

Sumber: Perhitungan dan analisis, 2014



**Gambar 4** Grafik Rata-rata Tahunan Skenario A2 dan B2

Pola yang terbentuk pada curah hujan harian maksimum juga sama, di mana pada periode awal terjadi penurunan nilai pada periode awal sebesar 2,39% pada skenario A2 dan sebesar 19,39% pada skenario B2. Lalu terjadi kenaikan pada periode tengah, di mana dalam skenario A2 terjadi sebesar 38,79% dan dalam skenario B2 senilai 52,32% yang dilanjutkan dengan terjadinya penurunan kembali di periode akhir sebesar 1,17% dalam skenario A2 dan sebesar 15,16% dalam skenario B2. Jika dilihat perbedaan antara curah hujan harian maksimum yang terjadi pada periode observasi dengan periode pemodelan (2011-2040) maka terjadi peningkatan baik dalam skenario A2 maupun B2. Peningkatan dalam skenario A2 senilai

35,46% dan dalam skenario B2 peningkatan yang terjadi lebih kecil, yakni sebesar 22,78%.

Berdasarkan tabel dan grafik yang telah ditampilkan dapat dilihat bahwa terbukti curah hujan pada tahun periode 2021-2030 bernilai paling tinggi di antara periode pemodelan yang lain baik dalam skenario A2 maupun B2. Hal ini kemudian dipandang sebagai salah satu potensi terjadinya banjir menjadi semakin besar terutama jika skenario A2 diberlakukan.

Berdasarkan hasil pengklasifikasian kompleks penggunaan lahan, maka diperoleh nilai CN komposit berdasarkan rerata timbang sebesar **75,37**. Sawah tadah hujan dengan kondisi hidrologi tanah A menjadi kompleks penutup lahan yang memiliki luasan paling besar sehingga berbobot paling tinggi di antara kompleks penutup lahan yang lain (18,82% dari luas total DAS). Sedangkan gedung menjadi area paling kecil karena hanya mencakup 0,060 ha pada hidrologi tanah A dan 0,057 pada hidrologi tanah B.

**Tabel 4** Tebal Limpasan Permukaan Maksimum Berdasarkan Skenario SRES IPCC A2 dan B2

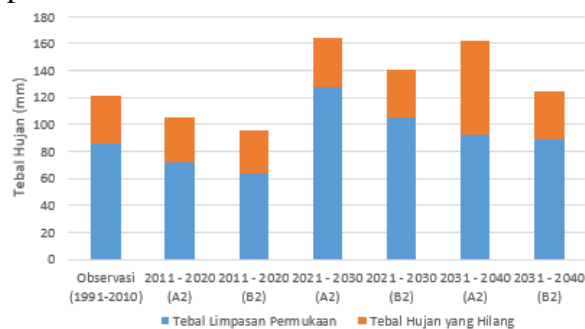
Periode	A2		B2	
	CH	Qv	CH	Qv
Observasi	121	86	121	86
2011 - 2020	105	72	96	63
2021 - 2030	164	127	141	106
2031 - 2040	162	93	124	89

Ket: CH: Tebal hujan (mm); Qv: Tebal limpasan permukaan (mm)

Sumber: Hasil perhitungan, 2014

Baik tabel dan grafik menampilkan keberagaman nilai limpasan permukaan tiap periode dalam tiap skenario. Namun secara umum dapat diperhatikan bahwa adanya

kecenderungan di mana skenario B2, yang merepresentasikan kondisi di masa akan datang yang lebih baik dengan adanya perlindungan pada lingkungan hidup, memiliki besaran nilai limpasan permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan skenario A2 di semua periode pemodelan. Terdapat pula persamaan pola antar periode yang terjadi pada skenario A2 dan B2. Limpasan permukaan yang terjadi menunjukkan adanya penurunan pada periode awal (2011-2020) setelah periode observasi lalu naik pada periode tengah (2021-2030) dan mengalami penurunan di periode akhir (2031-2040). Periode tengah dan periode akhir di kedua skenario sama-sama mampu melampaui limpasan permukaan maksimum yang terjadi pada periode observasi.



**Gambar 5** Grafik Tebal Limpasan Permukaan

Penurunan yang terjadi pada skenario A2 dari kondisi eksisting menuju periode awal pemodelan ialah sebesar 17,13%. Selanjutnya pada periode tengah terjadi peningkatan yang cukup signifikan yakni sebesar 77,93% dari periode awal atau 57,24% dari periode eksisting. Tebal limpasan permukaan pada periode ini sekaligus menjadi yang paling tinggi nilainya pada skenario A2. Bahkan menjadi yang paling tinggi secara keseluruhan dibandingkan dengan skenario B2. Hal ini

kemudian memunculkan kemungkinan potensi bahwa terdapat probabilitas limpasan permukaan ekstrim pada periode 2021 hingga 2030 sehingga dapat dianggap sebagai salah satu ancaman terhadap munculnya bencana banjir. Selanjutnya, terjadi penurunan di periode berikutnya, yakni senilai 27,33% dari periode tengah atau penurunan sebesar 4,83% dari periode eksisting. Penurunan tebal limpasan permukaan yang terjadi cukup besar mengingat selisih tebal hujan total antara periode tengah dan akhir sangat kecil, di mana total tebal hujan sebelumnya bernilai 164 mm turun menjadi 162 (selisih 2 mm). Hal ini terjadi karena kondisi AMC pada saat tebal limpasan maksimum ini berlangsung lebih rendah dibandingkan periode sebelumnya. Kondisi AMC pada limpasan permukaan maksimum pada periode akhir skenario A2 masuk dalam kelas II sedangkan periode sebelumnya masuk dalam kelas III.

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, terjadi kesamaan pola antara tebal limpasan permukaan skenario A2 dan B2 antar periodenya, di mana terjadi limpasan permukaan ekstrim di periode tengah (2021-2030). Namun demikian besarnya tebal limpasan di semua periode tersebut tidak mampu melampaui nilai pada skenario A2. Hal ini tak lain merupakan implikasi dari adanya asumsi pertumbuhan penduduk yang rendah dengan tingkat perekonomian sedang dan didukung dengan adanya upaya perlindungan terhadap lingkungan yang dimasukkan ke dalam skenario B2 sehingga kondisi iklim lebih baik jika dibandingkan dengan skenario A2. Tebal limpasan permukaan maksimum pada periode 2011-2020 mengalami penurunan jika dibandingkan dengan periode eksisting.



Penurunan yang terjadi ialah sebesar 27,07% sekaligus menjadi limpasan yang paling kecil nilainya secara keseluruhan. Lalu pada periode tengah terjadi peningkatan sebesar 67,46% atau yang 30,34% dibandingkan kondisi eksisting dan mengalami penurunan di periode akhir sebesar 15,21% atau berselisih positif sebesar 2,89% dari periode eksisting. Sama halnya dengan skenario A2, periode ekstrim juga terjadi di periode tengah namun tentu saja dengan intensitas yang lebih kecil.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis curah hujan dan limpasan permukaan hasil pemodelan menggunakan skenario SRES IPCC maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pola yang terbentuk antar periode pemodelan pada skenario A2 dan B2 baik besarnya rerata curah hujan tahunan maupun curah hujan harian maksimum, di mana terjadi penurunan pada periode awal pemodelan (2011-2020) terhadap periode observasi (1991-2010), lalu terjadi peningkatan pada periode tengah (2021-2030) kemudian turun di periode akhir (2031-2040). Curah hujan rerata tahunan dan curah hujan harian maksimum skenario A2 bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan skenario B2 di semua periode pemodelan.
2. Secara umum terjadi peningkatan limpasan permukaan maksimum sebesar 57,24% pada skenario A2 dan 30,34% pada skenario B2. Pola limpasan permukaan maksimum yang terjadi menunjukkan kesamaan pola dengan curah hujan pemodelan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bayu, Andung. 2011. *Pendugaan Dampak Perubahan Iklim Terhadap Curah Hujan dan Debit Puncak Banjir di DAS Opak Hulu Berdasarkan Downscaling Skenario HadCM3 A2 dan B2 Menggunakan Statistical Downscaling Model (SDSM)*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Hessami. 2007. *Automated regression-based statistical downscaling tool*. **Jurnal : Environmental Modelling & Software** **23** (2008) 813-834
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland
- Pramono, Irfan B. dan Gunardjo Tjakrawarsa. 2013. *Hubungan Antara Karakteristik Hujan dan Banjir di Sub DAS Wuryantoro, Kabupaten Wonogiri*. **Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Teknologi Pengelolaan DAS**, 12 Juni 2013. Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
- Tcasyono, Bayong. 2004. **Klimatologi Edisi 2**. Bandung: ITB
- Tobing, Bontor Lumban. 2008. *Optimasi Penggunaan Lahan dari Aspek Aliran Permukaan di Sub DAS Wuryantoro, Wonogiri, Jawa Tengah*. **Tesis**. Yogyakarta: Program Studi Geografi Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS) Fakultas Geografi, UGM